

Histoire des *Vitis* depuis leurs origines possibles sur la Pangée jusqu'aux cépages cultivés : un exemple de résilience liée à la biodiversité des espèces

The history of *Vitis* from their possible origins on Pangea to cultivated grape varieties: An example of resilience linked to species biodiversity

Joël Rochard¹

¹ Vitis Planet, 10320 Bouilly, France

Résumé. Les premières formes de vie sur Terre étaient des bactéries et des algues bleues unicellulaires, qui ont évolué en plantes terrestres il y a environ 500 millions d'années. Cette évolution a permis aux plantes de développer des mécanismes de survie sur la terre ferme, comme les racines, tiges et feuilles, et de coexister avec d'autres organismes pour la pollinisation et la dispersion des graines. Alfred Wegener a démontré en 1912 que le supercontinent Pangée, formé il y a 270 millions d'années, s'est fragmenté pour donner naissance aux continents actuels. Le genre *Vitis*, ancêtre des cépages, pourrait dater de l'époque initiale de la Pangée. La paléoclimatologie montre des cycles de glaciations et réchauffements qui ont influencé la distribution des *Vitis*, certaines espèces trouvant refuge dans des zones plus favorables. L'évolution viticole a aussi été marquée par la confrontation au 19^e siècle avec des parasites américains, comme le phylloxéra, à l'origine d'une crise destructrice, surmontée par des croisements avec des espèces résistantes des États-Unis. Aujourd'hui, la diversité génétique des *Vitis* est essentielle pour adapter la viticulture à une diminution de l'utilisation des pesticides et aux défis climatiques futurs. Cette histoire des *Vitis* souligne l'importance de la préservation de la biodiversité pour un avenir durable.

Abstract. The earliest forms of life on Earth were bacteria and unicellular blue-green algae, which evolved into land plants around 500 million years ago. This evolution allowed plants to develop survival mechanisms on land, such as roots, stems, and leaves, and to coexist with other organisms for pollination and seed dispersal. In 1912, Alfred Wegener demonstrated that the supercontinent Pangaea, which formed 270 million years ago, fragmented to give rise to the current continents. The genus *Vitis*, ancestor of grape varieties, may date back to the early days of Pangaea. Paleoclimatology shows cycles of glaciations and warming that influenced the distribution of *Vitis*, with some species finding refuge in more favorable areas. The evolution of viticulture was also marked by the confrontation in the 19th century with American parasites, such as phylloxera, which caused a destructive crisis, overcome by crossing with resistant species from the United States. Today, the genetic diversity of *Vitis* is essential for adapting viticulture to a reduction in pesticide use and future climate challenges. This history of *Vitis* underscores the importance of preserving biodiversity for a sustainable future.

1. Introduction

1.1. Evolution du monde vivant

L'histoire évolutive des végétaux est un processus de complexification croissante, depuis les premières algues, en passant par les bryophytes, les lycopodes et les fougères, jusqu'aux complexes gymnospermes et angiospermes actuels. Bien que les végétaux plus primitifs continuent de prospérer, particulièrement dans leur milieu d'origine, chaque nouveau degré d'organisation évolue et développe de nouvelles capacités qui lui permettent de mieux s'adapter à de nouveaux milieux. Les premières formes de vie sur Terre étaient des bactéries et des algues bleues unicellulaires. Elles ont évolué en plantes terrestres il y a environ 500 millions d'années, développant des mécanismes pour survivre sur la terre ferme, tels que des racines, des tiges et des feuilles. Les plantes ont évolué pour devenir plus complexes et diversifiées, passant des mousses et des fougères aux conifères, aux cycas et aux palmiers, puis aux plantes à fleurs, qui sont maintenant la forme de plante dominante sur Terre. Les plantes ont également évolué pour coexister avec d'autres organismes, tels que les insectes et les animaux, pour la pollinisation et la dispersion des graines, ainsi que pour résister à des facteurs environnementaux tels que la sécheresse, les températures extrêmes et les maladies (figure 1). Vis-à-vis de la vigne, la dérive des continents, l'alternance de périodes glaciaires et interglaciaires, les submersions marines et les émergences de montagnes ont notamment contribué à la dispersion des différentes espèces de *Vitis* dans certaines régions du monde, avec des adaptations aux écosystèmes locaux en termes de physiologie et de résistance aux parasites. Il est intéressant d'éclaircir l'histoire et l'évolution de ces *Vitis* afin de comprendre leur biodiversité, qui a déjà, au cours de l'histoire, permis de surmonter la crise phylloxérique et plus récemment de limiter l'utilisation des produits phytosanitaires pour lutter contre les maladies fongiques (mildiou et oïdium). Dans le contexte du développement durable, c'est également une façon de comprendre l'intérêt de préserver la biodiversité afin de favoriser la résilience du monde vivant.

1.2. Essor de l'ampélographie au XIX^e siècle

Columelle précisait dès le premier siècle après J.-C. : « *Le cultivateur qui veut établir un vignoble, ne doit se fier, pour l'achat de ses marcottes, à personne plus qu'à lui-même. Il ne cultivera que l'espèce de ceps qu'il a déjà éprouvée chez lui, et en fera une pépinière d'où il tirera le plant nécessaire pour garnir son champ. Les espèces qui sont apportées de diverses contrées lointaines se familiarisent plus difficilement avec notre sol que celles qui sont nées dans le pays et, comme tout étranger, redoutent les changements de climat et de lieu. On ne saurait compter avec certitude sur la bonté de leur produit, car rien ne prouve que le cultivateur qui les a plantées en a soigneusement examiné l'espèce et éprouvé la bonté. C'est pourquoi l'espace de deux ans ne nous semble pas trop long pour s'assurer que le plant qu'on veut transplanter mérite les soins que cette opération réclame, puisqu'il*

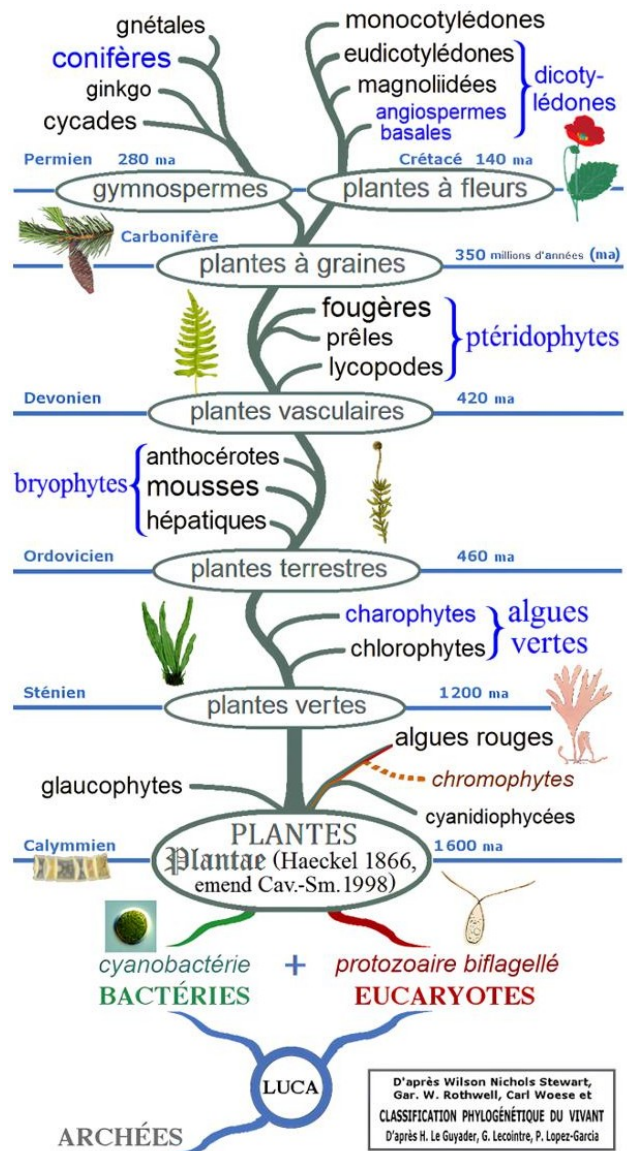


Figure 1. Arbre de parenté des végétaux, schéma Wikipedia.

importe tant, comme je l'ai dit, de ne mettre en terre que des espèces d'une excellente nature » [1].

Les cépages ont évolué depuis le début de la viticulture dans la plus haute Antiquité jusqu'à nos jours. Déjà, les Romains, qui ont diffusé des cépages dans tout le bassin méditerranéen, avaient tenté de décrire les cépages pour les comparer et essayer de les adapter à divers terroirs. Columelle a parlé des cépages biturica et allobrogica dont on pense aujourd'hui qu'ils seraient les ancêtres possibles des cépages de différentes régions françaises. Au I^{er} siècle de notre ère, Pliny l'Ancien (30-79) dans son Histoire naturelle en avait identifié une petite centaine. Ses descriptions de cépages latins permettent encore aujourd'hui d'utiliser ses travaux pour connaître l'histoire de certaines familles de cépages.

L'ampélographie, dont le nom dérive de la racine grecque *ampelos* (« vigne »), a pour objet une description morphologique des cépages par les bourgeonnements (apex), les rameaux herbacés, les feuilles adultes, les

grappes, les sarments, etc. Selon la liste des descripteurs de l'OIV [2], les informations requises pour l'identification d'une variété incluent notamment :

- l'origine de la variété :
 - o spontanée,
 - o croisement contrôlé,
 - o organisme génétiquement modifié,
- l'identité de l'obteneur, le cas échéant,
- l'identité du mainteneur,
- la demande de brevet en cas d'existence de droits d'obteneur,
- la finalité de la production (vin, raisins de table, raisins secs, porte-greffe, autre),
- le lieu de sa conservation par le mainteneur,
- les principaux caractères supposés être originaux,
- la caractérisation, ampélographique et génotypique,
- le code temporaire d'identification ou le nom proposé pour la nouvelle variété. Les mêmes cépages sont en effet souvent connus localement sous des noms différents et il importe de reconnaître tous les synonymes. On compte aujourd'hui dans le monde environ 5 000 cépages cultivés qui, avec les traductions, peuvent porter pas moins de 40 000 noms.

L'ampélographie a pris son essor en tant que science au XIX^e siècle, notamment grâce au travail Pierre Viala (figure 2), en collaboration avec Victor Vermorel, auteurs avec quatre-vingt-cinq autres contributeurs, de l'ouvrage monumental « Traité général de viticulture, Ampélographie ». Cette collection compte sept volumes, dont la parutions'est étalée entre 1901 et 1910.

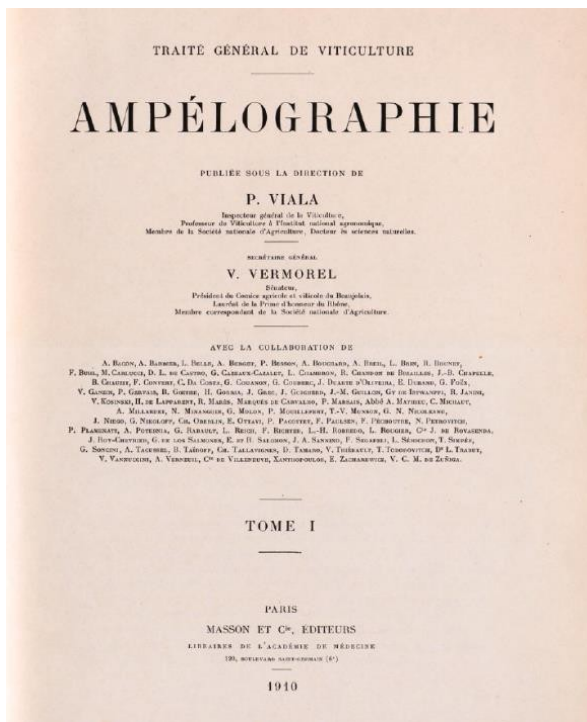


Figure 2. Traité général de viticulture, ampélographie, P. Viala et V. Vermorel, Ed Masson, 1910 [3].

Après la Seconde Guerre mondiale, se sont succédé en France des ampélographes et des spécialistes viticoles de renom notamment au sein de l'École de viticulture de

Montpellier, en particulier Pierre Galet[4], Denis Boubals, Jean-Michel Boursiquot, Alain Carbonneau et Thierry Lacombe. De nombreux travaux de recherche sont menés en lien avec la collection ampélographie de Vassal, la structure ENTAV-INRA® ainsi que le site <https://plantgrape.plantnet-project.org/fr/>, qui fournit une information synthétique, validée et actualisée sur les variétés, Il convient de citer également Aleksandr Negrul [5], ampélographe russe qui a réalisé un travail considérable pour répertorier notamment les variétés caucasiennes et d'Asie centrale.

1.3. Evolution des Vitis

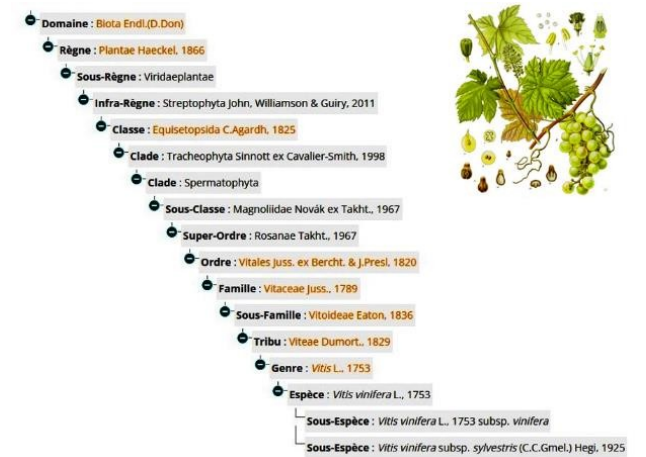


Figure 3. Classification hiérarchique des Vitis. Source : Inventaire national du patrimoine naturel (INPN) [6], www.inpn.mnhn.fr, schéma de la vigne Franz Eugen Köhler, Köhler's Medizinal-Pflanzen.

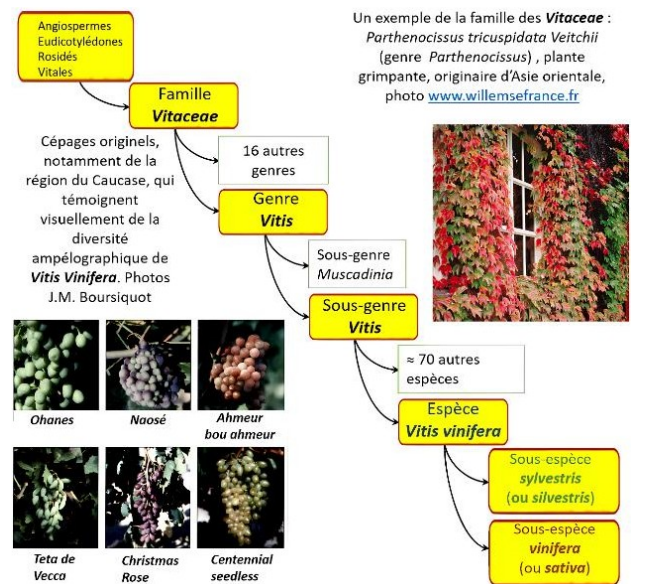


Figure 4. Schéma de la position taxonomique de l'espèce *Vitis vinifera*, adapté de T. Lacombe [7].

Dans le système de classification des espèces végétales, les *Vitis* appartiennent à la famille botanique des *vitaceae* ou *ampélidacées* (figures 4, 5, 6). Différentes études soulignent que deux grands groupes de *Vitis* étaient présents au Tertiaire, différenciés par la caractéristique de la chalaze (point situé sur la tunique interne d'une graine, qui permet à la nourriture de lui

parvenir) : striée pour *Vitis ludwigii* et lisse pour *Vitis teutonica*. Le genre *Vitis*, à l'origine des cépages utilisés en viticulture dans le monde, a évolué au cours de l'histoire de la Terre. Comme le précise l'Inventaire national du patrimoine naturel (INPN) : « Le genre *Vitis* est probablement l'un des plus complexes de la flore française, du fait des sélections et des hybridations issues de la viticulture » [6]. À l'état sauvage, la vigne pousse dans trois grandes régions du monde : l'Ouest de l'Eurasie, l'Amérique du Nord et centrale, et l'Asie (figure 6). Elle y est utilisée pour des raisins de table et parfois pour élaborer des vins. En Amérique du Nord, *Vitis labrusca* donne un vin au goût de framboise ; *Vitis riparia*, *Vitis rupestris*, et *Vitis berlandieri*, résistantes au phylloxéra, font d'excellents porte-greffes pour *Vitis vinifera*. En Asie, notamment en Chine, en Corée et au Japon, des vins sont élaborés à partir d'espèces locales.

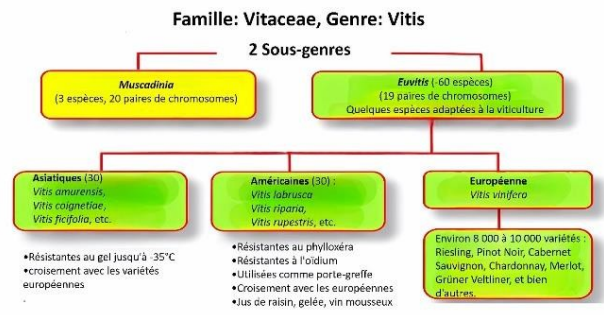


Figure 5. Arbre généalogique simplifié des *Vitis*, d'après Norbert Tischelmayer, traduction J. Rochard. Source : <https://glosario.wein.plus/>

Concernant l'ouest de l'Eurasie, T. Lacombe [7] précise que : « Sur la base de différences écologiques, biologiques et morphologiques, on subdivise traditionnellement *Vitis vinifera* en deux sous-espèces (Levadoux, 1956) :

- *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris* (C.C. Gmel.) Hegi (ou subsp. *silvestris* selon les auteurs), dénommée « lambrusque » en français, correspond au compartiment sauvage de l'espèce ;
- *Vitis vinifera* subsp. *vinifera* (ou subsp. *Sativa* D.C. selon les auteurs), qui est la vigne cultivée ou domestique. »

La vigne sauvage, liane qui pousse souvent en lisière de forêt et s'élève dans les arbres, est dioïque, avec des pieds mâles et femelles, et porte de petites baies rondes et noires au goût acide. Elle pousse dans les pays méditerranéens et d'Europe centrale. Le caractère distinctif principal de la vigne sauvage européenne est sa dioécie. C'est principalement *Vitis vinifera* qui a été domestiquée et diversifiée en d'innombrables cépages largement diffusés dans le monde. Pour surmonter le phylloxéra, des croisements ont été réalisés avec des espèces américaines, et ce même principe est utilisé pour obtenir une tolérance aux maladies fongiques, avec l'utilisation de quelques espèces asiatiques en complément.

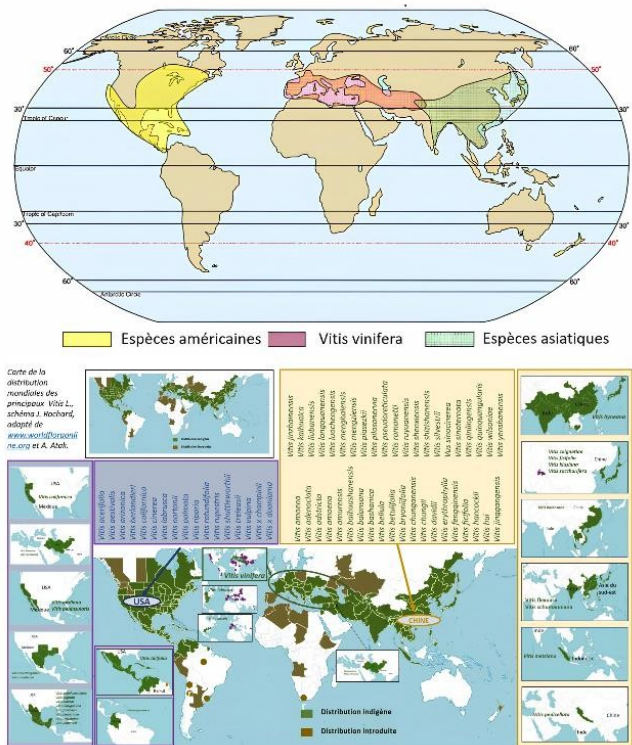


Figure 6. Répartition mondiale des espèces de *Vitis*, d'après Toepfer et al, 2010 et détail par zone, schéma J. Rochard, adapté de www.worldfloraonline.org et A. Atak.

2. Diffusion anthropique de *Vitis vinifera*

2.1. Début de la domestication

La vigne sauvage s'est séparée il y a environ 200 000 ans en deux lignées principales, occidentale et orientale, qui se sont répandues naturellement à travers l'Eurasie. Les humains ont domestiqué le raisin de cuve et le raisin de table pour la première fois il y a environ 11 000 ans, alors que l'agriculture commençait à se développer.

L. Testot [8] (figure 7) précise le contexte de cette domestication : « Durant quelque trois millions d'années, l'humain a été chasseur-cueilleur. Nomade, il a vécu de prédation sur son environnement. Sa population n'a probablement jamais dépassé le million d'individus. Puis, à partir d'il y a quarante millénaires, à la faveur d'une pause dans la dernière glaciation globale, d'autres comportements se manifestent. Presque rien au début : des concentrations de populations autorisées par un milieu très riche en gibier, quelques signes ostentatoires de richesse, des processus de sédentarisation, dont les mieux étudiés, au Moyen-Orient et au Japon, s'esquissent il y a 20 000 ans, en dépit d'une ère glaciaire qui atteint alors son apogée. Ensuite le réchauffement planétaire fait son œuvre : vers - 9 000 (dates exprimées avant le début de notre ère), la steppe des climats froids recule massivement dans tout l'hémisphère Nord et cède la place à une forêt fertile. La zone désertique de l'actuel Sahara verdoie. Les plaines du Moyen-Orient se couvrent de céréales. L'abondance des ressources semble favoriser un essor

démographique. La montée des eaux oblige sans doute à migrer des côtes vers l'intérieur des terres. La concentration de populations entraîne en tout cas une transformation du mode de subsistance, une subordination progressive du milieu en mesure de nourrir une masse de gens plus importante que le triptyque chasse-cueillette-pêche. Le chien, de loin le premier animal à être domestiqué, était depuis longtemps un commensal de l'homme, au statut particulier. L'humain sélectionnait déjà, par glanage, certaines plantes. Mais si le Néolithique, l'âge des producteurs, est vu comme une révolution, c'est qu'il opère à l'échelle planétaire, en quelques milliers d'années, un triple processus de domestication : des plantes, des animaux, et aussi des humains, en sociétés hiérarchisées. » Avec l'amélioration des conditions climatiques lors de la transition Pléistocène-Holocène (vers -11 000 ans), la vigne, avec son rendement pérenne relativement stable, est devenue l'un des premiers candidats à la domestication. Il est très probable que les humains modernes aient largement utilisé le raisin comme source alimentaire dès la fin du Pléistocène, mais le climat rigoureux n'était pas adapté à l'agriculture. Comme le précise D Zohary et P Spiegel-Roy « L'olivier, le raisin, la datte et le figuier étaient les premiers ajouts horticoles importants à l'agriculture céréalière méditerranéenne. Ils ont très probablement été domestiqués au Proche-Orient à l'époque protohistorique (quatrième et troisième millénaires avant J.-C.) et ils apparaissent comme des éléments alimentaires importants au début de l'âge du bronze. La domestication des quatre arbres fruitiers a été basée sur un passage de la reproduction sexuée (à l'état sauvage) à la multiplication végétative des clones (sous domestication). L'olive, le raisin, la datte et le figuier peuvent être multipliés par voie végétative par des techniques simples (boutures, boutons basaux, drageons) et ont donc été préadaptés à la domestication au début du développement de l'agriculture. »

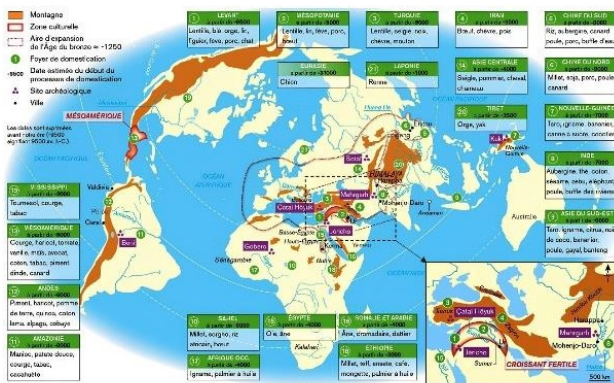


Figure 7. Principaux foyers de domestication du début des cités-États dans le monde, adapté de L. Testot, La nouvelle histoire du monde, 2019, Editions Sciences humaines.

2.2. Diffusion par les moyens de transport

Une étude internationale coordonnée par l'Université agricole du Yunnan en Chine (Y. Dong et al [9]) révèle que la domestication de la vigne s'est produite simultanément il y a environ 11 500 ans dans deux régions éloignées de mille kilomètres : le Caucase et le Proche-Orient, peut-être en interrelation, malgré la distance (figure 8). Les cépages du Caucase, aux baies sucrées, idéales pour la production de vin, se sont assez peu diffusés au-delà de cette région, mis à part probablement à proximité et à l'ouest de la Mer noire. En revanche, dans le croissant fertile (actuels Irak, Syrie, Liban, Jordanie, Israël et Palestine), la migration des plantes agricoles (notamment le blé, l'épeautre, l'orge, les lentilles, le pois) a joué un rôle fondamental dans la transformation de l'humanité, en facilitant l'expansion de l'agriculture et en influençant profondément le développement des sociétés humaines. Ainsi les cépages du Proche-Orient se sont propagés en Europe grâce aux échanges commerciaux et aux migrations. La vigne est probablement la première culture fruitière domestiquée, suivie de la production de vin en particulier en Géorgie et Arménie, marquant un tournant pour la civilisation en tant qu'un des premiers biens échangés à plusieurs milliers de kilomètres, et un peu plus tard, mondialement. La publication souligne que la diversité des cépages européens résulte de croisements avec des espèces sauvages locales pour améliorer la vinification. La conservation des caractéristiques gustatives préférées et la sélection de pieds hermaphrodites ont été cruciales dès le début de la domestication. L'étude génomique de *Vitis sylvestris* et de *Vitis vinifera* dresse un tableau précis de l'histoire évolutive de la vigne, qui reflète les événements clés de l'histoire du changement climatique mondial et des migrations humaines.

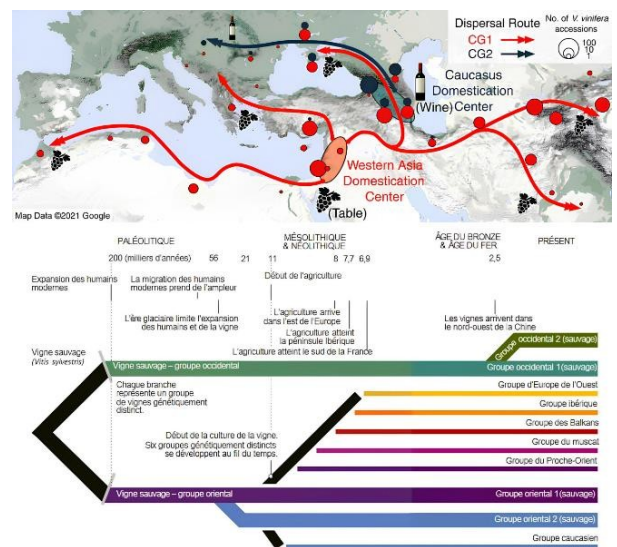


Figure 8. Domestications doubles et origine des caractères dans l'évolution de la vigne et ancêtres des cépages actuels, adapté de Y. Dong et al. [9], Dual domestications and origin of traits in grapevine evolution, Science, 2023, www.pourlascience.fr

Vitis vinifera a été domestiquée et diversifiée en d'innombrables cépages. C'est en privilégiant les baies les plus grosses, les plus juteuses, les plus goûteuses, ou d'autres critères intéressants, que nos ancêtres ont

commencé à multiplier des variétés de vignes à l'aide de boutures ou de semis. Ainsi sont progressivement apparus les premiers cépages de vigne identiques, qui ont été transportés et disséminés autour de la Méditerranée par les Phéniciens, les Grecs, puis les Romains, et un peu plus tard dans les pays du Nouveau Monde. Il y a environ 11 000 ans, suite au réchauffement qui a suivi la dernière glaciation, l'agriculture est apparue dans certains grands centres de domestication en Asie de l'Est, en zone subsaharienne, en Amérique centrale et du Sud, ainsi qu'au Moyen-Orient.

2.3. Migration vers le Bassin méditerranéen

« Les peuples méditerranéens commencèrent à sortir de la barbarie quand ils apprirent à cultiver l'olivier et la vigne. »

Thucydide, historien athénien « La Guerre du Péloponnèse », fin du Ve siècle av. J. -C.

La migration de la vigne vers l'ouest a commencé 4 500 ans avant J.C. pour atteindre progressivement l'Europe occidentale. Chaque civilisation méditerranéenne a joué un rôle dans l'expansion et l'évolution de la culture de la vigne, faisant du vin un élément central de l'héritage culturel et économique de la région. Les Phéniciens [10] ont joué un rôle crucial en propageant la culture de la vigne à travers la Méditerranée, transportant des plants et du vin vers des régions telles que l'île de Chypre, la Grèce et l'Italie. Les Grecs, qui ont adopté la viticulture, l'ont ensuite propagée dans leurs colonies, notamment en Italie du Sud et en Sicile. En Italie, les Étrusques, puis les Romains, ont diffusé la culture de la vigne dans tout leur empire, y compris en Gaule, en Espagne et en Afrique du Nord. Les Romains ont également perfectionné les techniques viticoles avec une adaptation des cépages et des modes de conduite à des zones plus fraîches, jusqu'au Royaume-Uni. Après la chute de l'Empire romain, la viticulture a connu un déclin dans de nombreuses régions.

2.4. Rôle des monastères

Les monastères ont joué un rôle crucial dans le développement des vignobles en Europe et dans le monde. En raison de l'importance du vin pour les rites religieux, les moines ont maintenu et amélioré les pratiques viticoles. Ils ont identifié les meilleurs terroirs, sélectionné des cépages adaptés et perfectionné les techniques de vinification. Les ordres religieux, comme les Cisterciens, ont été des pionniers dans la standardisation et la diffusion des méthodes viticoles, en créant parfois des structures spécifiques viticoles et d'élaboration, en dehors du monastère, à l'image du Clos Vougeot créé par l'abbaye Notre-Dame de Cîteaux, fondatrice de l'ordre cistercien. Les ordres monastiques, en lien notamment avec la nécessité de disposer de vin pour l'eucharistie ont contribué ainsi à l'essor et à la renommée des vignobles en Europe puis dans le monde. L'influence des expansions arabes et ottomanes sur les vignobles a été marquée par des restrictions liées aux prescriptions religieuses islamiques, mais la viticulture n'a pas disparu. En effet, l'élaboration

de vin a souvent été maintenue, pour les communautés non musulmanes, permettant à la tradition viticole de perdurer et de se transmettre jusqu'à nos jours et d'autres productions ont été développées (jus ou confiture de raisin, raisins secs, dolmas avec des feuilles de vigne, etc.).

2.5. Expansion vers le nouveau monde

La diffusion de la vigne en dehors de l'Europe a suivi les explorations, les colonisations et les échanges commerciaux menés par les puissances européennes à partir du 15^e siècle (figure 9). La vigne a été introduite en Amérique du Sud au début du 16^e siècle par les colons espagnols et portugais. Les premières vignes ont été plantées au Mexique, puis en Argentine, au Chili et au Pérou (figure 10). Les missionnaires catholiques, notamment les Jésuites, ont joué un rôle crucial en développant la viticulture pour produire du vin de messe. En Amérique du Nord, la vigne a été introduite par les colons européens, notamment en Californie, où les missionnaires espagnols ont planté les premiers vignobles au 18^e siècle. La Californie est devenue plus tard l'une des régions viticoles les plus importantes au monde.

En Afrique du Sud, la vigne a été introduite par les colons néerlandais au 17^e siècle. Le premier vignoble a été planté en 1655 par Jan van Riebeeck, le fondateur de la colonie du Cap. Sous l'influence des colons français huguenots, la viticulture s'est développée, et l'Afrique du Sud est devenue un producteur de vin reconnu.

Au début du 19^e siècle, la viticulture a été introduite en Australie par des colons britanniques. Les premières vignes ont été plantées en Nouvelle-Galles du Sud, et la viticulture s'est ensuite étendue à d'autres régions comme l'Australie-Méridionale et l'État de Victoria. La Nouvelle-Zélande a vu ses premières vignes plantées dans les années 1810, mais ce n'est qu'à la fin du 20^e siècle que le pays est devenu un acteur mondial important.

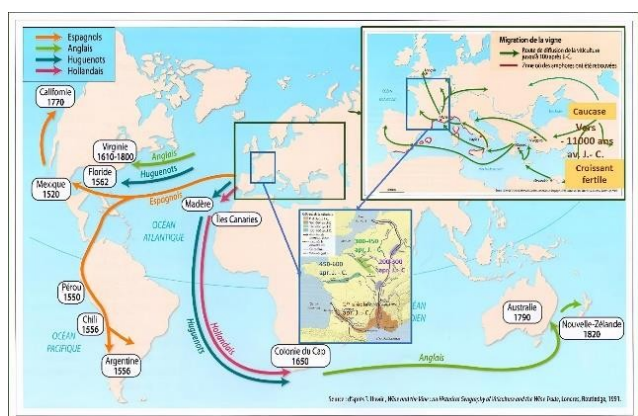


Figure 9. Diffusion de la vigne en Europe et dans le monde, Schéma J. Rochard, adapté de F. Legouy, T. Unwin et J. R. Pitte.

3. Facteurs d'évolution des *Vitis*

3.1. Dérive des continents

L'éclatement et l'assemblage des continents représentent sans doute l'un des cycles les plus importants dans

l'évolution biologique et géologique de la Terre (figure 11). Ces mouvements affectent par exemple la façon dont les espèces peuvent se mêler facilement au fil du temps. À trois reprises dans l'histoire de notre planète, les terres émergées ont été réunies en un seul supercontinent. Le premier fut Nuna, formé il y a 1,8 milliard d'années. Après sa dislocation, Rodinia se forma il y a environ 1 milliard d'années. Ce supercontinent se disloqua également pour donner naissance à la Pangée. La dérive des continents est « l'ensemble des déplacements horizontaux des blocs continentaux les uns par rapport aux autres ». Le supercontinent de la Pangée s'est formé il y a environ 270 millions d'années, au début du Permien, puis a commencé à se disloquer 70 millions d'années plus tard, pour finalement aboutir aux continents que nous connaissons aujourd'hui. Si cette hypothèse a été suggérée dès 1596, c'est au scientifique Alfred Wegener, que l'on doit sa popularisation en 1912, avec la théorie d'un ancien et unique supercontinent, baptisé Pangée.



Figure 10. Historique de la diffusion de *Vitis vinifera* vers le continent américain, d'après Hidalgo, 1992.

Cette théorie s'appuyait notamment sur la similitude dans le tracé des côtes (effet de puzzle des continents). On observe en effet un certain parallélisme des lignes côtières entre d'une part les Amériques et d'autre part l'Europe et l'Afrique. Cela suggère que ces deux ensembles constituaient deux morceaux d'un même bloc, la Pangée. Un autre aspect de la théorie de Wegener, qui a été conforté par la suite, concerne la répartition de certains fossiles. On retrouve, de part et d'autre de l'Atlantique, sur les continents actuels, les fossiles de plantes et d'animaux terrestres datant de 240 à 260 Ma. Ces organismes terrestres n'ayant pas la capacité de traverser un si large océan, Wegener a pu conforter sa théorie d'un seul continent initial, la Pangée.

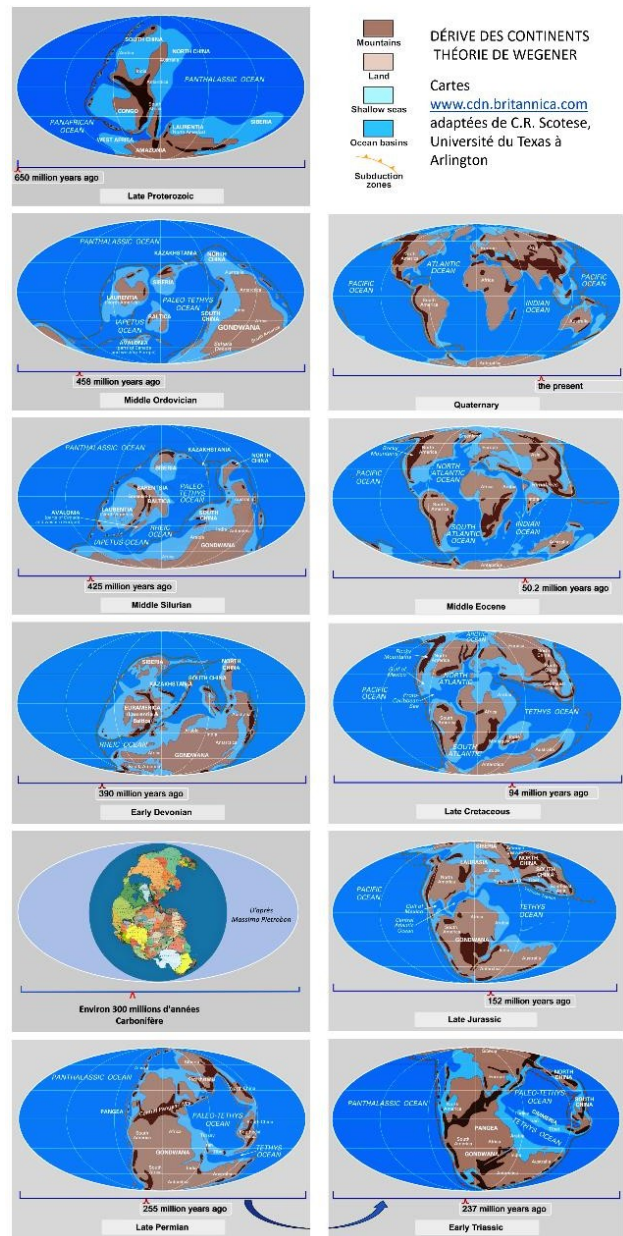


Figure 11. Dérive des continents depuis 650 millions d'années, schéma d'assemblage J. Rochard, à partir des cartes de www.cdn.britannica.com, adaptées de C.R. Scotese, The University of Texas at Arlington.

Avec cette logique, on peut également imaginer la présence de différentes espèces du genre *Vitis* (avec malgré tout une très grande proximité génétique qui permet de les croiser par hybridation) à l'ouest de l'Eurasie, en Asie et également, avec une séparation par l'océan Atlantique, au nord du continent américain, semblerait souligner que la diversité des *Vitis* est en étroite relation avec la séparation des différents continents (il y a probablement au minimum 80 à 120 millions d'années). Cette théorie avait déjà été suggérée par P. Gallet en 1988, avec une esquisse intégrant le positionnement des espèces de vitacées sur le « protocontinent » du Gondwana (figure 12).



Figure 12. Première esquisse de l'origine des vitacées sur le « protocontinent » du Gondwana, d'après P. Gallet, 1988 [11].

Par ailleurs, le positionnement des pépins découverts dans différentes régions du monde (figure 13) pourrait laisser penser qu'une ou certaines espèces *Vitis* étaient déjà présentes à l'époque de la Pangée avant la séparation des continents. Au regard de la proximité sur la Pangée des trois zones avec des espèces de *Vitis* américaines, asiatique et *Vitis vinifera* (figure 14). Il est possible de s'interroger sur la présence d'un continuum, qui au travers de la dislocation des continents aurait pu conduire à une diversification de cette ou ces différentes espèces initiales, avec des adaptations progressives, sur le long terme, aux conditions géomorphologiques, climatiques, ainsi qu'aux écosystèmes locaux (parasite et auxiliaires). Ainsi, au cours du 19^e siècle, lorsque les transports intercontinentaux par bateau se sont développés, les variétés de *Vitis vinifera* eurasiatiques, dépourvues des adaptations génétiques des *Vitis* américain, ont été très impactées par le transfert d'espèces invasives de champignons (mildiou et oïdium) et d'insectes (phylloxéra). Pour surmonter ces crises, des solutions de nature chimique ou la submersion ont été initiées, mais finalement c'est l'approche biologique, au sens scientifique du terme, qui a permis de surmonter la crise phylloxérique (hybridation des porte-greffes) et depuis quelques années contribuent à l'obtention, par des croisements successifs, d'un certain niveau de résistance fongique de nouveaux cépages.

Ainsi, la vigne démontre probablement pour la première fois dans l'histoire de l'humanité, depuis l'apparition de l'agriculture, que la diversité des espèces est un facteur de résilience pour surmonter des crises sanitaires liées notamment à des espèces invasives ou à des modifications des milieux et des écosystèmes. Ce constat, qui s'inscrit dans l'esprit de l'approche One Health (démarche holistique et unificatrice qui souligne les interconnexions étroites et interdépendantes entre la santé des personnes, des animaux et des écosystèmes), dépasse largement le périmètre de la viticulture. Il souligne l'importance de la préservation de la biodiversité pour l'avenir de l'humanité, probablement confrontée dans les prochaines décennies à

l'émergence de nouvelles maladies, favorisées notamment par la mondialisation et les changements climatiques.

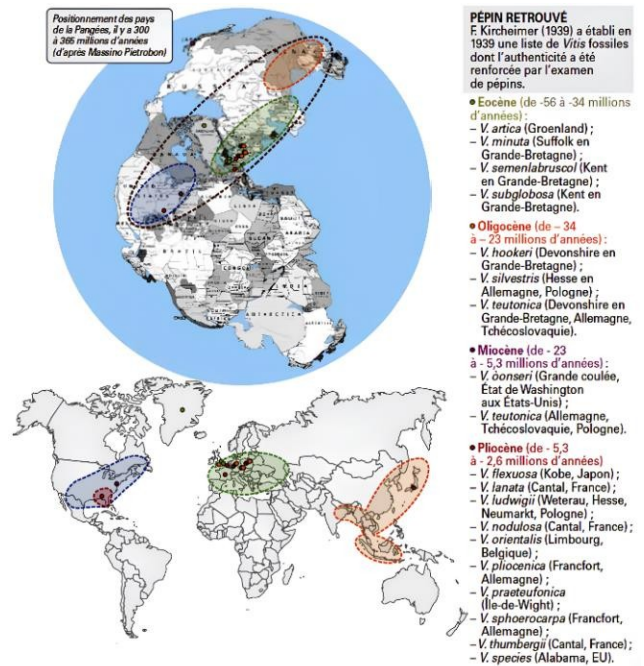


Figure 13. Positionnement actuel et sur la Pangée des zones avec des pépins fossiles de *Vitis* fossiles, schéma J. Rochard, adapté M. Pietrobon de F. Kircheimer (1939) et www.oeno.tm.fr

3.2. Variation de température

Le climat joue un rôle essentiel dans le développement de la vigne, influençant à la fois le type, la quantité et la qualité de la production viticole. La température moyenne, les conditions extrêmes, et la fréquence des aléas climatiques déterminent le potentiel viticole, dont les vignerons tirent parti en adaptant notamment le choix de cépages, les méthodes de culture et d'élaboration. Dans l'hémisphère Nord, la vigne se développe principalement entre les 30^e et 50^e latitudes et dans l'hémisphère sud entre les 20^e et 40^e. Un refroidissement peut compromettre ce potentiel, tandis qu'un réchauffement peut l'améliorer.

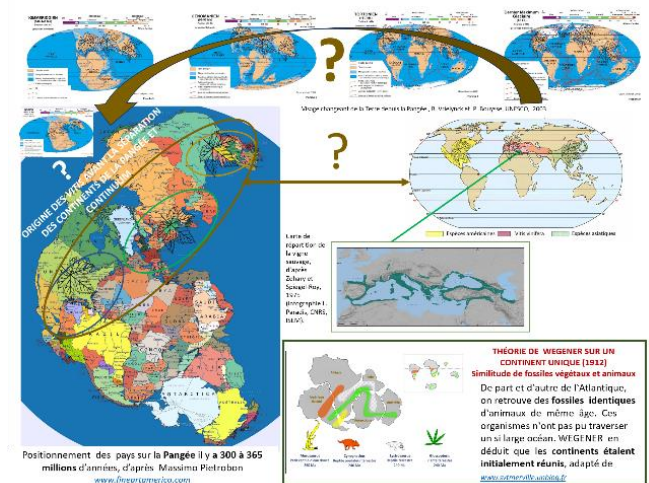


Figure 14. Positionnement de la présence actuelle du genre *Vitis* actuellement et potentiellement au sein de la Pangée avant sa dislocation, schéma J. Rochard.

Historiquement, avec une variation des températures d'environ 1°C étalées sur plusieurs siècles, des périodes telles que le Petit Optimum Climatique Médiéval (950-1350), , ont favorisé l'expansion des surfaces viticoles, et à l'inverse, le Petit Âge Glaciaire (1350-1850) a entraîné une régression de la viticulture dans les régions les plus septentrionales, notamment en Angleterre, en Belgique et dans le nord de la France (figure 15).

Comme le précise le site www.wein.plus :

« Auparavant, entre 900 et 1350, l'Europe avait connu un pic de température marqué, appelé " période chaude médiévale ". La limite de la viticulture se situait alors beaucoup plus au nord, sur la côte sud de la mer Baltique. Vers 1450, le climat a commencé à se dégrader nettement. Des périodes particulièrement froides s'étendirent de 1570 à 1630 et de 1675 à 1715. Elles furent accompagnées d'une extension mondiale des glaciers. (...) Il y a toujours eu des hivers extrêmement froids et glaciaux et des étés pluvieux et très pluvieux. Les températures moyennes étaient inférieures d'un degré à un degré et demi Celsius aux valeurs moyennes actuelles. Il en résultait de mauvaises récoltes catastrophiques pour l'agriculture. Les famines qui en ont résulté ont menacé la population. Cela a entraîné plusieurs vagues d'émigration, notamment vers l'Amérique du Nord. Au 15^e siècle, la mer Baltique a gelé complètement au moins deux fois. En hiver 1780, il était possible de traverser le port de New York sur la glace. Sur les Grands Lacs d'Amérique du Nord, la glace a parfois persisté jusqu'en juin. »

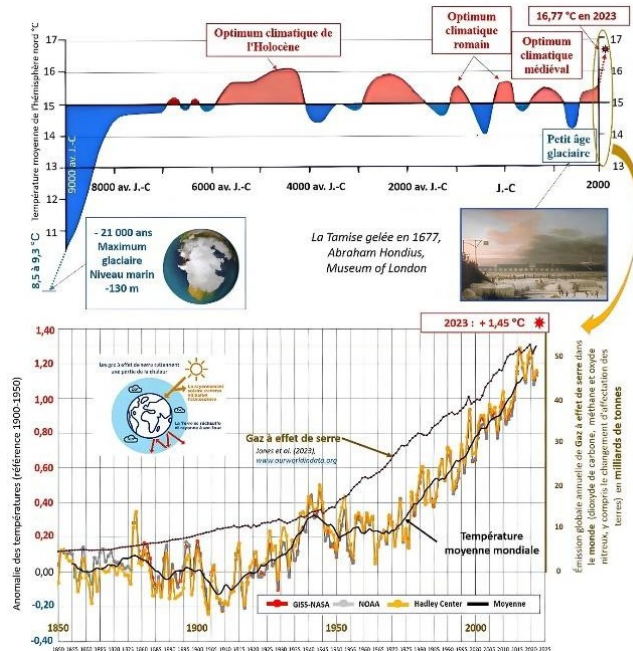


Figure 15. Évolution des températures proches du sol depuis la fin de la dernière période glaciaire (Würm), schéma J. Rochard. En haut apparaissent les phases les plus chaudes (Optimums climatiques) en rouge, de l'Holocène, de l'Optimum romain, celui du Moyen Âge et l'Optimum actuel, et en bleu les phases intermédiaires plus froides dont le plus connuest le Petit Âge glaciaire (adapté de Dansgaard et al., 1969 et Schönwiese, 1995). Dans le schéma du bas sont représentées l'évolution des températures (données GISS-NASA, NOAA et Hadley Center, ONERC) et l'évolution mondiale des émissions annuelles de gaz à effet de serre depuis 1850. (Jones et al., 2023, www.ourworldindata.org).

Actuellement, le réchauffement climatique, amplifié par l'effet de serre, favorise le développement des vignobles dans des régions plus septentrionales, tout en menaçant la viticulture dans des zones plus méridionales. Au cours des prochaines décennies, les changements climatiques, pourraient s'intensifier et transformer profondément la viticulture au XXI^e siècle, avec des changements rapides de température moyenne de plusieurs degrés, ainsi que des phénomènes tels que les gels de printemps, la grêle, la sécheresse, et les canicules.

3.3. Périodes glaciaires

Les périodes glaciaires, avec des variations moyennes de 5 à 8°C par rapport aux périodes interglaciaires, ont profondément modifié la présence des *Vitis* dans les différentes régions du monde. La paléoclimatologie permet de reconstituer le climat terrestre sur les dernières centaines de milliers d'années, révélant un cycle d'alternance entre de longues périodes glaciaires et de plus courtes périodes de réchauffement (figure 16). Selon les données palynologiques disponibles, lors de la dernière glaciation les principaux refuges primaires européens ont concerné les Balkans (montagnes et les régions adjacentes), Caucase (zones montagneuses) et Anatolie (régions montagneuses de Turquie et côtières de l'Anatolie). Parallèlement les espèces se sont également repliées dans des refuges secondaires (côtes, vallées côtières, falaises de moyenne montagne bien exposées). Ces refuges ont permis à de nombreuses espèces végétales, dont probablement une partie des *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris* de survivre et de se répandre de nouveau après le retrait des glaciers (figure 16). La conservation des formes sauvages est importante pour la variabilité génétique et la lutte contre l'érosion génétique. La vigne sauvage peut fournir des gènes de résistance utiles pour l'amélioration génétique de la vigne cultivée, comme la résistance au gel. L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature a classé la vigne sauvage en danger.

La dernière glaciation a débuté il y a 115 000 ans et s'est achevée il y a 11 700 ans. Lors du dernier maximum glaciaire, il y a environ 20 000 ans, la température moyenne de la Terre était alors inférieure de 6°C (en Arctique, il faisait environ 14°C de moins qu'aujourd'hui). En France, la végétation était basse et croissait lentement, et il n'y avait pas de forêts, mais plutôt une vaste steppe glacée. Dans les régions plus proches du cercle polaire, l'Europe du Nord et le Canada étaient recouverts de glaciers ou d'une épaisse couche de glace. L'ensemble de la végétation, dont *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris*, a trouvé refuge dans des zones refuges moins froides, et parfois dans des secteurs dotés de microclimats favorables (côtes, vallées côtières, falaises de moyenne montagne bien exposées), à partir desquels ces espèces ont à nouveau colonisé leur aire géographique initiale lorsque le climat s'est réchauffé. C'est ainsi que la vigne, avec la naissance de l'agriculture, s'est progressivement développée, avec d'autres espèces cultivées, notamment dans le Caucase et le Croissant fertile.

3.4. Effet de la variation du niveau des mers

Vis-à-vis de la modification du climat sur le long terme, au-delà de l'effet thermique strict (destructions des ceps par le froid en période glaciaire), la variation du niveau des mers (figure 18) et notamment la submersion ont pu conduire à une disparition dans certaines régions du monde des plantes du genre *Vitis* par submersion.

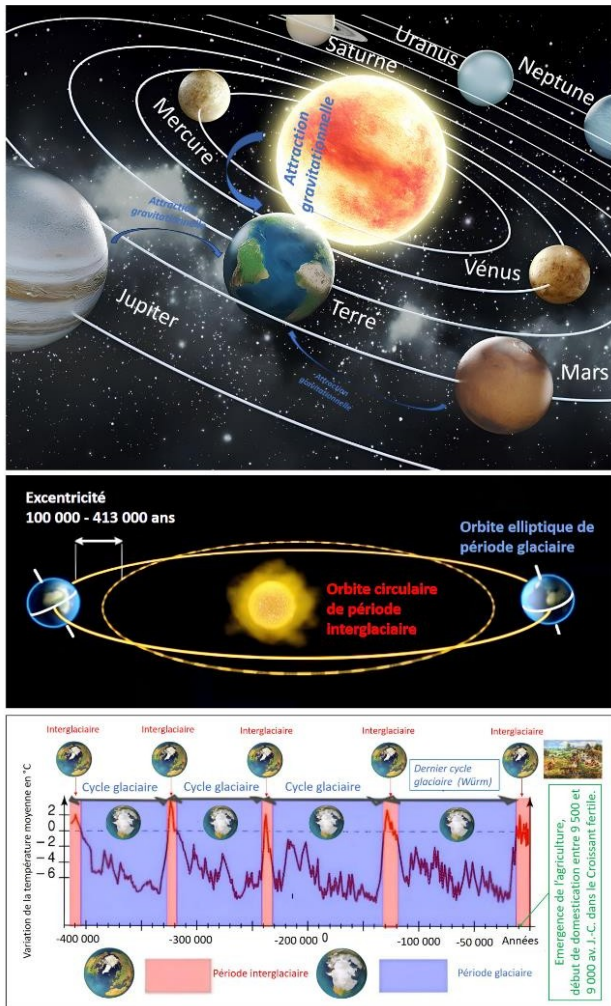


Figure 16. Positionnement et attraction des planètes du système solaire, excentricité de l'orbite terrestre et évolution des températures sur Terre depuis 400.000 ans au cours des périodes glaciaires et interglaciaires, schéma J. Rochard, adapté de www.ouest-france.fr, www.ucar.edu, www.agoradessciences.com

Les travertins de Sézanne, situés au Mont des Grottes en Champagne, d'âge thanétien (-59 à -56 Ma) semblent témoigner de cette évolution. Elles se sont formées dans un contexte de sources et de ruisseaux s'écoulant sur des formations de craie du crétacé. L'eau, très chargée en carbonate de calcium, a pu précipiter avec l'aide de microalgues et emprisonner des végétaux. Cette espèce fossile, attribuée à *Vitis sezannensis*, possède des feuilles morphologiquement proches des espèces américaines actuelles.

4. Conclusion

Les espèces qui survivent ne sont pas les espèces les plus fortes, ni les plus intelligentes, mais celles qui s'adaptent le mieux aux changements. – Charles Darwin

THEORIE DE MILUTIN MILANKOVITCH : ALTERNANCE DES CYCLES GLACIAIRES ET INTERGLACIAIRE

Ce mathématicien astronome serbe a élaboré en 1941 une théorie expliquant comment les variations de la position et de l'orientation de la Terre par rapport au Soleil influencent le climat sur des échelles de temps allant de dizaines à centaines de milliers d'années. Ces variations, connues sous le nom de cycles de Milankovitch, comprennent trois principaux éléments (figure 15) :

- **Excentricité de l'orbite terrestre** : L'orbite de la Terre autour du Soleil varie de quasi circulaire à légèrement elliptique sur une période d'environ 100 000 ans. Cette variation influence la quantité de rayonnement solaire que la Terre reçoit, modifiant ainsi la distribution saisonnière du climat.
- **Obliquité de l'axe terrestre** : L'inclinaison de l'axe terrestre varie entre 22,1° et 24,5° sur une période d'environ 41 000 ans. Une plus grande inclinaison intensifie les contrastes saisonniers, tandis qu'une inclinaison moindre les adoucit, ce qui modifie les régimes climatiques selon les latitudes.
- **Précession de l'axe terrestre** : La Terre subit une précession de son axe de rotation sur une période d'environ 26 000 ans, changeant la direction de cet axe et, par conséquent, la position des solstices et des équinoxes au cours de l'année. Cela modifie le calendrier des saisons et la distribution du rayonnement solaire.

Ces cycles combinés influencent les cycles glaciaires et interglaciaires, ayant conduit la Terre à traverser cinq grandes glaciations entre 6 millions d'années et 13 000 ans avant J.-C. : Donau, Günz, Mindel, Riss et Würm.

L'évolution de la Terre, qui s'étend sur 4,5 milliards d'années s'est traduite par une grande variabilité des formes de vie, avec des adaptations progressives aux conditions de milieu. L'ouvrage « L'Origine des espèces » de Charles Darwin, publié en 1859, est un texte fondateur de la biologie évolutive dans lequel il présente sa théorie de l'évolution par sélection naturelle (figure 19). Il commence par discuter les idées préexistantes sur l'évolution et introduit la "lutte pour l'existence", inspirée par Thomas Malthus. Darwin examine les variations chez les espèces domestiquées et sauvages, montrant que certaines modifications confèrent un avantage en termes de survie.



Figure 17. Végétation pendant la Période de « maximum glaciaire » (- 21000 ans av JC), climat actuel et présence des vignes sauvages en Europe et l’ouest de l’Eurasie, schéma J. rochard adapté de www.glaciers-climat.com, www.soutien67.fr, Zohary et Spiegel-Roy 1975 et REMIG, 1937

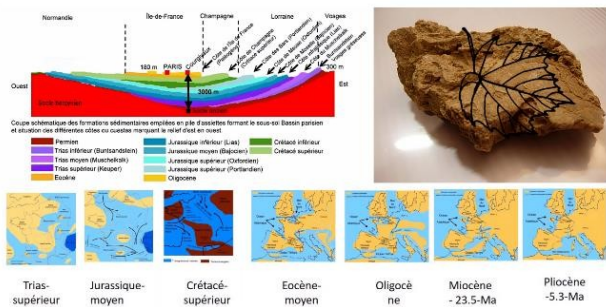


Figure 18. Avancées et retrait de la mer, à l’origine du Bassin parisien, schéma J Rochard. L’empreinte du travertin de Sézanne (thanétien de -59 à -56Ma), avec une feuille fossilisée attribuée à *Vitis sezannensis* est représentée avec une superposition du schéma redessiné par Vermorel et al. La coupe schématique des formations sédimentaires du Bassin-parisien, d’après C-M.Crivellaro, est adaptée de www.vinsvignesvignerons.com.

Il propose que la sélection naturelle conduit à l’adaptation et à l’évolution des espèces, avec des preuves provenant des archives fossiles, de la biogéographie, de l’anatomie comparée et de l’embryologie. Il aborde les objections à sa théorie, reconnaissant les lacunes mais soulignant que la recherche future pourrait les combler. Darwin explique également comment l’isolement géographique peut conduire à la formation de nouvelles espèces et insiste sur le gradualisme dans l’évolution. En conclusion, il réaffirme que la sélection naturelle est le principal moteur de l’évolution, espérant que son travail stimulera de futures recherches scientifiques.

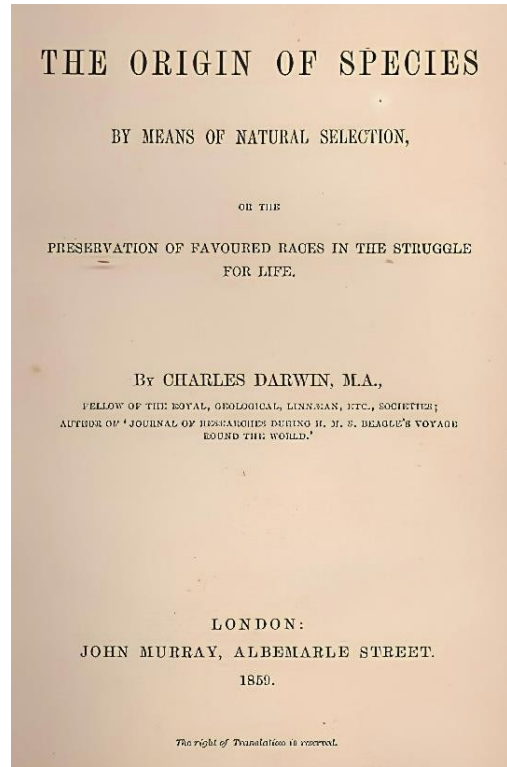


Figure 19. Couverture de l’édition originale de « L’Origine des espèces » de Charles Darwin, 1859.

Ainsi, les variations climatiques et le mouvement des plaques tectoniques ont conduit à une grande diversité d’espèces de vignes du genre *Vitis*. Au fil des siècles, l’homme a sélectionné ces espèces, d’abord par observation, puis grâce à la science, pour créer des variétés adaptées aux besoins locaux, tout en maîtrisant progressivement les fermentations [12]. Chaque espèce de *Vitis* a développé, par la sélection naturelle ou anthropique, des caractéristiques spécifiques pour s’adapter à son environnement, mais cela ne les protège pas nécessairement contre des espèces invasives provenant d’autres régions (figure 21). Bien que *Vitis vinifera* soit la plus répandue, initialement en Europe, les espèces américaines (*V. riparia*, *V. berlandieri*, et *V. rupestris*) ont joué un rôle clé en surmontant les crises du XIXe siècle, telles que l’oïdium, le mildiou et le phylloxéra.

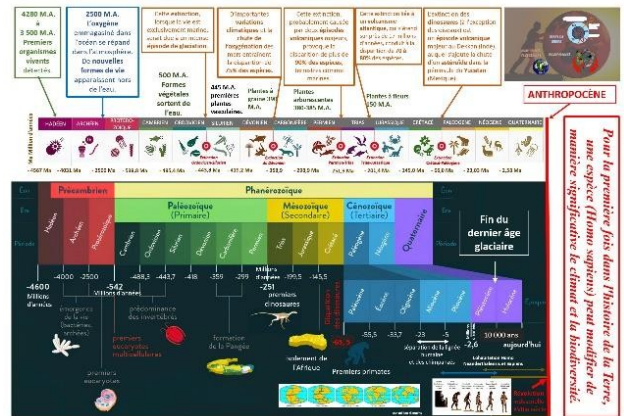


Figure 20. Frise des temps géologiques, évolution de la vie et périodes d’extinction massives des espèces, depuis l’origine de la terre, schéma J. Rochard adapté de www.mnhn.fr et www.schoolmouv.fr

Les recherches actuelles visent à améliorer notamment la tolérance à la sécheresse, au froid et aux maladies comme le mildiou et l'oidium. Par exemple, *V. amurensis* a été utilisée pour développer des cultivars résistants au froid, et des gènes de résistance ont été intégrés dans des cultivars de *V. vinifera*. Bien que les premiers hybrides aient souvent présenté des défauts gustatifs, les cultivars récents ont surmonté ces limitations.

Le concept de pangénome se distingue du génome traditionnel en se focalisant non pas sur un seul individu, mais sur l'ensemble de la diversité génétique d'une espèce entière [13]. Un génome représente la séquence d'ADN d'un individu, tandis qu'un pangénome regroupe toutes les séquences génétiques trouvées chez une espèce, incluant les variations qui ne sont pas présentes dans tous les individus. Cette approche, à l'échelle d'une espèce, révolutionne la génomique en révélant la diversité génétique au-delà du génome de référence. Initialement, le séquençage des génomes visait à identifier les gènes et variations dans une espèce, souvent par rapport à un génome de référence. Cependant, les avancées en séquençage ont montré une diversité structurale importante entre individus, conduisant à la notion de pangénome, comprenant un « core genome » commun à tous les individus et une partie variable (« shell » et « cloud »). Cette découverte ouvre de nouvelles perspectives en viticulture. Le pangénome permet de mieux comprendre l'évolution des espèces, les processus d'adaptation, et offre un réservoir génétique pour l'amélioration de la vigne.

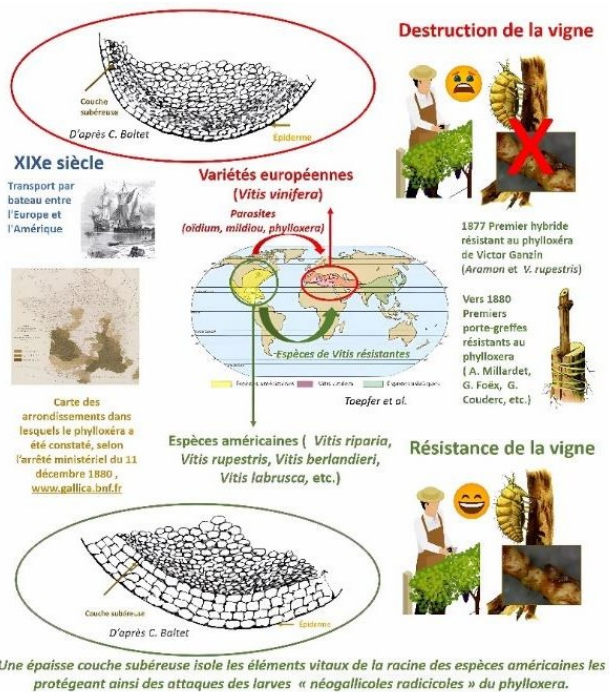


Figure 21. Origine du phylloxéra, utilisation de la résistance des espèces américaines, schéma J. Rochard, adapté de C. Baltet [14], cartes Toepfer et www.gallica.bnf.fr

Ainsi, la connaissance et l'intégration des espèces sauvages de *Vitis* dans les programmes de sélection végétale sont essentiels pour développer des cultivars mieux adaptés aux conditions climatiques changeantes,

réduisant ainsi l'impact sur la santé humaine et l'environnement, et favorisant une viticulture durable. Comme le précise R. E. Guzmán-Ardiles et al [15] : *Actuellement, les programmes d'amélioration génétique ont utilisé des espèces sauvages pour l'introgression de gènes de résistance aux maladies et de tolérance à divers environnements pédo-climatiques. De plus, la cartographie des gènes d'intérêt, liés à des caractéristiques agronomiques et de qualité des fruits, a permis l'utilisation de marqueurs moléculaires pour la sélection assistée. Les informations sur le processus de domestication et les ressources génétiques aident à comprendre le pool génétique disponible pour le développement de cultivars qui répondent aux exigences des producteurs et des consommateurs.*

La préservation de la biodiversité est donc importante non seulement pour la viticulture, mais aussi pour maintenir l'équilibre des écosystèmes et éviter le transfert d'espèces invasives. De plus, la conservation du patrimoine génétique aidera à surmonter les nouvelles maladies de demain. Ainsi, avec une vision « One Health » (une seule santé pour les êtres vivants et les écosystèmes), l'histoire de l'évolution des *Vitis* nous enseigne que la biodiversité est un enjeu crucial pour l'humanité et doit être préservée afin de garantir un avenir durable.

5. Références

1. Columelle. (1996). *De Re Rustica* (Trad. E. H. Warmington). Harvard University Press. (Original work published ca. 42–52 AD).
2. OIV, Liste des descripteurs pour les variétés et espèces de *Vitis*, Résolution oiv-viti 609-2019. <https://www.oiv.int/fr/node/3028/download/pdf>
3. Viala P. *Traité général de viticulture, ampélographie*, P Viala - 1909 - Ed. Masson
4. Galet P., *Dictionnaire encyclopédique des cépages*, Editions Hachette, 2000 (ISBN 2-0123633-18)
5. Labivin, Dans les pas d'Aleksandr Mikhaïlovitch Negrul, un ampélographe au pays des soviets, 2022 <https://www.labivin.net/2018/05/dans-les-pas-d-aleksandr-mikhaïlovitch-negrul-un-ampélographe-au-pays-des-soviets.html>
6. INPN, Vigne, La Vigne (Français) *Vitis vinifera* L., 1753, Inventaire national du patrimoine naturel, https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/129968/tab/fiche
7. Lacombe T., Centre International d'Etudes Supérieures en Sciences Agronomiques Ecole Doctorale de Montpellier : Contribution à l'étude de l'histoire évolutive de la vigne cultivée (*Vitis vinifera* L.) 2012 https://www.supagro.fr/theses/extranet/12-0040_Lacombe.pdf

8. Testot L., La nouvelle histoire du monde, 2019, éditions Sciences humaines, ISBN : 9782361065737
9. Yang Dong et al., Dual domestications and origin of traits in grapevine evolution, *Science* 379, 892-901, (2023) https://www.jkip.kit.edu/botzell/downloads/Pub_Dong_2023.pdf
10. Rochard J., Assaad-S-Touma J., Le vignoble du liban de la civilisation phénicienne à la viticulture moderne, 2021, *Revue des œnologues*, n° 178.
11. Gallet P., 1988, in N. VIVAS, Un aperçu général sur la famille des Vitacées (Rhamnales), leur répartition dans le monde et leur phylogénèse, *Internationales Symposium über Rebenzüchtung, Vitis* 13, 186-197 (1974)
12. Mc Govern P.E., 2003. *Ancient Wine: The Search for the Origins of Viniculture*, Princeton, Princeton University Press.
13. Durand-Tardif M. et Rogel-Gaillard C, Les pangénomes, mise à jour et exploitation en agriculture, Académie d'agriculture de France, 2022, <https://www.academie-agriculture.fr/actualites/academie/seance/academie/les-pangenomes-mise-jour-et-exploitation-en-agriculture>
14. Baltet C., *L'art de greffer : les arbres, abrisseaux et arbustes fruitiers, forestiers, etc*, 1882, Ed G. Masson
15. Guzmán-Ardiles R. E. et al., Genetic changes in the genus *Vitis* and the domestication of vine, *Front Plant Sci.* 2022; 13: 1019311. Published online 2023 Feb 28. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10011507/#B161>